

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-351865

(43)Date of publication of application : 24.12.1999

(51)Int.Cl.

G01C 11/00

(21)Application number : 10-163918

(71)Applicant : TOPCON CORP

(22)Date of filing : 11.06.1998

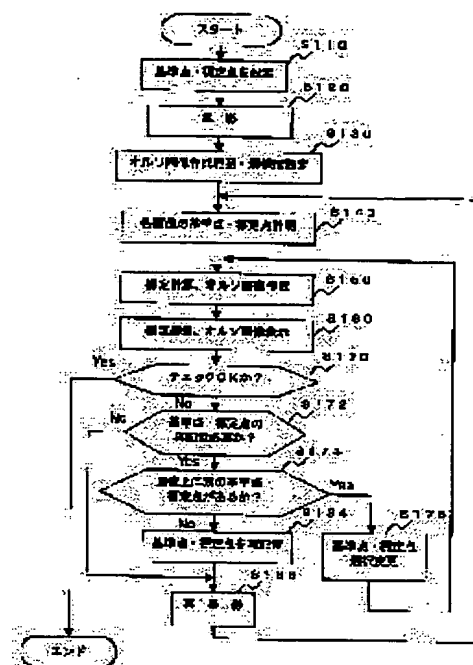
(72)Inventor : ITO TADAYUKI
OTANI HITOSHI
TAKACHI NOBUO

(54) METHOD AND EQUIPMENT FOR, IMAGE INSTRUMENTATION PROCESSING, AND RECORD MEDIUM RECORDING IMAGE INSTRUMENTATION PROCESSING PROGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable confirmation of instrumentation range, illustration range, reference point arrangement, standardization, etc., immediately after imaging on the spot.

SOLUTION: Reference points, standardization points are set (S110). After imaging (S120), orthoimage forming range and the like are set (S130). Reference points and standardization points of the respective picture elements are measured by using a personal computer (PC) (S140), result of standardization and an orthoimage are displayed on a screen (S160), and the respective check items are confirmed (S170). When amendment is necessary, necessity of rearrangement of reference points and standardization points is judged (S172). According to the judged result, selection change (S176) or reimaging (S186) after rearrangement (S184) is performed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-351865

(43) 公開日 平成11年(1999)12月24日

(51) Int.Cl.⁶
G 0 1 C 11/00

識別記号

F I
G 0 1 C 11/00

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-163918

(22) 出願日 平成10年(1998) 6月11日

(71) 出願人 000220343

株式会社トプコン

東京都板橋区蓮沼町75番1号

(72) 発明者 伊藤 忠之

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
プコン内

(72) 発明者 大谷 仁志

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
プコン内

(72) 発明者 高地 伸夫

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
プコン内

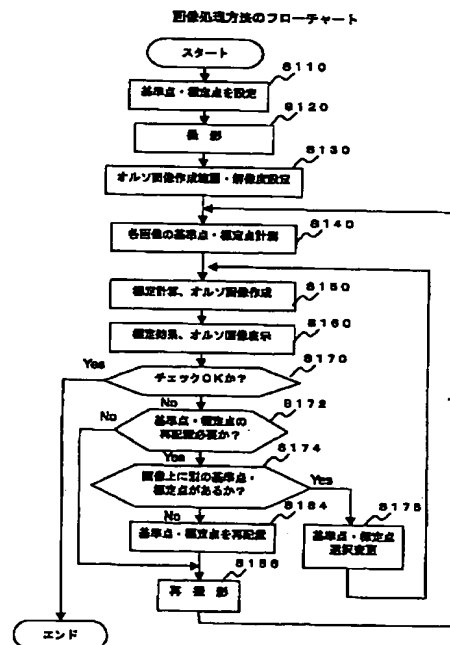
(74) 代理人 弁理士 橋爪 健

(54) 【発明の名称】 画像計測処理方法並びに装置及び画像計測処理プログラムを記録した記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 計測範囲の確認、図化範囲の確認、基準点配置の確認及び標定確認等を撮影直後にその現場にて行う。

【解決手段】 基準点・標定点を設定し (S110)、撮影後 (S120)、オルソ画像作成範囲等を設定する (S130)。次に、ポータブルコンピュータ (PC) 上で各画像の基準点・標定点を計測し (S140)、標定結果及びオルソ画像を画面表示し (S160)、各チェック項目が確認される (S170)。修正が必要な場合、基準点・標定点の再配置の要否が判定され (S172)、判定結果に応じて、選択変更 (S176)、又は、再配置後 (S184) に再撮影 (S186) が行われる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基準点又は標定点が含まれ、互いにオーバーラップした複数の画像が入力される画像入力機能と、基準点又は標定点の地上座標値が予め記憶された記憶機能と、

上記画像入力機能により入力された複数の画像から、基準点又は標定点の画像座標値又は写真座標値、及び、地上座標値に基づきオルソ画像を形成するオルソ画像形成機能と、

上記オルソ画像形成機能で形成されたオルソ画像に基づき、再撮影の要否、及び、撮影位置又は基準点若しくは標定点位置の変更の要否を判定する判定機能とを備えた画像計測処理方法。

【請求項2】請求項1に記載の画像計測処理方法において、

上記オルソ画像形成機能で形成されたオルソ画像を表示する表示機能をさらに備えた画像計測処理方法。

【請求項3】請求項1又は2に記載の画像計測処理方法において、

上記画像入力機能は、複数の画像としてステレオ画像を入力し、

上記判定機能は、上記オルソ画像においてステレオ画像によりオーバーラップされていない非重複領域を抽出する機能を含むことを特徴とする画像計測処理方法。

【請求項4】請求項3に記載の画像計測処理方法において、

上記判定機能は、上記オルソ画像においてステレオ画像によるオーバーラップ部分に含まれる基準点又は標定点が不足又は位置不良しているかどうかを判定する機能を備えたことを特徴とする画像計測処理方法。

【請求項5】請求項1乃至4のいずれかに記載の画像計測処理方法において、

上記判定機能は、上記オルソ画像において画像によりカバーされていない測定対象領域中の非撮影領域を抽出する機能を含むことを特徴とする画像計測処理方法。

【請求項6】請求項3乃至5のいずれかに記載の画像計測処理方法において、

上記オルソ画像形成機能は、上記判定機能により判定された上記非重複領域又は上記非撮影領域、又は、上記基準点若しくは標定点の不足若しくは位置不良を、上記オルソ画像の表示画面上において、識別可能に表示するための機能を含むことを特徴とする画像計測処理方法。

【請求項7】請求項3乃至6のいずれかに記載の画像計測処理方法において、

上記判定機能が、オルソ画像において、上記非重複領域又は上記非撮影領域、又は、上記基準点若しくは標定点の不足若しくは位置不良を検出した場合、再撮影のためのデータを形成する修正データ形成機能をさらに備えたことを特徴とする画像計測処理方法。

【請求項8】請求項3乃至7のいずれかに記載の画像計

測処理方法において、

上記オルソ画像形成機能は、複数の画像に基づき接続標定又は相互標定等の標定処理を実行する機能を含み、

上記判定機能は、上記標定処理の結果が収束しない場合に、基準点又は標定点の設定を変更する指示を上記オルソ画像形成機能に出力する機能を備えたことを特徴とする画像計測処理方法。

【請求項9】請求項1乃至8のいずれかに記載の画像計測処理方法を実現させるための手段を備えた画像計測処理装置。

【請求項10】請求項1乃至8のいずれかに記載の画像計測処理方法を実現させるための画像計測処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像計測処理方法並びに装置及び画像計測処理プログラムを記録した記録媒体に係る。本発明は、特に、近接・地上測量分野における測量及び図化に利用され、デジタル写真測量及びパーソナルコンピュータによるデジタル処理を用いたポータブルでシンプルな画像計測処理技術に関する。本発明は、ステレオ画像に対してはもちろん、例えば広範囲を小さい画像で互いに重複領域をもたせて分割して撮影した画像に対して適用できる。

【0002】

【従来の技術】図5に、従来の画像計測撮影の説明図を示す。通常、図示のように、ステレオ画像撮影による測量において、2枚以上のオーバーラップした画像を撮影することにより、三角測量の原理によって三次元座標が取得される。対象範囲が広い場合は、撮影精度や撮影レンズとの兼ね合いにより、複数枚の画像を撮影することになる。例えば簡単な現場においても、通常10枚～20枚は撮影の必要がある。その際、各ステレオペア（モデル）に対して標定（カメラの位置、傾き等を求めること）ができなければ、ステレオ画像を作成することができず、また、三次元計測を行うことができない。

【0003】また、これら画像は中心投影画像とよばれるものであるが、最終的に求めたい図面は正射投影画像であり、詳細な画像図面を作成するには、画像を中心投影から正射投影（オルソ）画像に作成し直さなければならない。オルソ画像とは、写真測量技術に基づき、カメラの傾きや比高等による歪みを補正して正射投影とした画像である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の地上測量においては、撮影現場の測量・図化を行う際に、膨大な数の点を測量したり、三次元計測をする必要があったため、かなりの人手と労力を有していた。一方、近接・地上写真測量技術を使えば、写真撮影を行うだけで、面的な測量三次元データが得られるが、従来フィルム用カメラしか

なかったため、その現像やスキャンニングに時間を有し（2～3日）、更に解析作業にも数日を要していた。また、フィルムを現像した後に、さらに解析までの処理を行わないと、撮影された画像データが解析可能なものか、また、安定かつ確実で、信頼性が高い解析ができるかどうかはわからなかった。従来は、結果的に、撮影をやり直す等の作業が生ずることもあり、この手法はあまり用いられていなかった。

【0005】近年、デジタルカメラの普及拡大に伴い、従来のフィルムやアナログ式でないデジタルカメラによるデジタル近接・地上写真測量が可能になった。この技術を用いればフィルムの現像、スキャンニングの手間が無くなり、かつコンピュータによる解析を行うために、撮影から解析まで1～2日で行えるようになった。

【0006】しかしながら、撮影データを取得後、解析装置（コンピュータ）のあるところに撮影データを持ち込み解析・計測する必要があった。そのために、解析に適切な撮影が行えていないと、やはり結果的に撮影し直し等の作業が生ずることがあり、必ずしも安定確実な解析が行えていたとはいえなかった。また、画像により解析・計測する場合、基準点・標定点配置、撮影範囲、撮影オーバーラップ等が適切でないと、安定かつ信頼性の高い解析が行えず、不安定な結果や、場合によっては解析できないといったことも発生した。

【0007】本発明は、以上の点に鑑み、撮影現場において簡易オルソ画像を作成し、チェック・修正を行うことによって、計測範囲の確認、図化範囲の確認、基準点配置の確認及び標定確認等を、撮影直後にその現場にて行えるようにすることを目的とする。本発明は、主にデジタルカメラなどのデジタル画像入力手段とパーソナルコンピュータを利用してデジタル写真測量を行うことにより、いつでも失敗のない確実で信頼性の高い解析及び計測を行うための画像を取得し、高精度・高解像度の計測・解析・図化を行うことを目的とする。

【0008】本発明は、詳細なオルソ画像を作成する前の簡易オルソ画像（正射画像）を現場で作成することにより、その撮影現場において、撮影結果の確認を行い、必要に応じて再撮影等の修正を行うことができるようにすることを目的とする。また、本発明は、詳細なオルソ画像を作成する前の簡易オルソ画像を確認することになるので、この後の一層正確な詳細解析及び詳細オルソ画像の作成を確実に達成できるようにすることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明では、撮影現場において、以下のような動作及び確認を行うことができる。

（1）ステレオ解析における計測範囲（オーバーラップ）の確認、（2）複数画像を統合したオルソ画像の作成及び確認、（3）全体の計測（撮影）範囲及び図化範

囲の確認、（4）全体の基準点・標定点配置の確認、及び、（5）標定確認、ステレオ法解析の際のモデル形成確認。

【0010】本発明の第1の解決手段によると、基準点又は標定点が含まれ、互いにオーバーラップした複数の画像が入力される画像入力機能と、基準点又は標定点の地上座標値が予め記憶された記憶機能と、上記画像入力機能により入力された複数の画像から、基準点又は標定点の画像座標値又は写真座標値、及び、地上座標値に基づきオルソ画像を形成するオルソ画像形成機能と、上記オルソ画像形成機能で形成されたオルソ画像に基づき、再撮影の要否、及び、撮影位置又は基準点若しくは標定点位置の変更の要否を判定する判定機能とを備えた画像計測処理方法並びに装置及び画像計測処理プログラムを記録した記録媒体を提供する。

【0011】

【発明の実施の形態】図1に、本発明に係る画像計測処理装置の構成図を示す。画像計測処理装置は、制御部1、記憶部2、入出力インターフェース3、画像入力部4、表示部5、入出力部6を備える。

【0012】制御部1は、オルソ画像形成部11、判定部12、修正データ形成部13を含む。記憶部（記憶機能）2には、基準点又は標定点のデータが予め記憶されるとともに、各種座標系での画像データ等が記憶される。基準点又は標定点のデータは、例えば地上座標値で記憶される。入出力インターフェース3は、共通バス等で構成され、各種装置（機能）を接続する。画像入力部（画像入力機能）4は、例えばデジタルカメラ、CCD等の2次元又は3次元画像を得るものである。画像入力部4には、基準点又は標定点が含まれ、且つ、例えば60%程度が互いにオーバーラップした複数のステレオ画像が入力される。

【0013】表示部（表示機能）5は、CRT、液晶ディスプレイ又はプラズマディスプレイ等の2次元又は3次元表示を行うものである。表示部5は、制御部1のオルソ画像形成部11で形成されたオルソ画像を表示する。また、表示部5は、制御部1の判定部12により判定された非重複領域又は非撮影領域、又は、基準点若しくは標定点の不足若しくは位置不良等を、オルソ画像の表示画面上において、識別可能に表示する。入出力部6は、各種画像データや判定結果等の情報を他の装置と入出力するものである。入出力部6としては、例えば、フロッピーディスクドライブ、ターミナル、キーボード、マウス、CD-ROMディスクドライブ等の各種入力装置・出力装置を備えることができる。

【0014】オルソ画像形成部（オルソ画像形成機能）11は、画像入力部4により入力された複数のステレオ画像に基づき、基準点又は標定点の画像座標値（又は写真座標値）及び地上座標値からオルソ画像を形成する。オルソ画像形成部11は、判定部12により判定された

非重複領域又は非撮影領域、又は、基準点若しくは標定点の不足若しくは位置不良を、オルソ画像の表示画面上において、識別可能に表示する機能を含む。また、オルソ画像形成部11は、複数のステレオ画像に基づき接続標定又は相互標定等の標定処理を実行する機能を含む。

【0015】判定部(判定機能)12は、オルソ画像形成部11で形成されたオルソ画像に基づき、撮影位置の変更や基準点又は標定点位置の変更を要するか否かを判定する。判定部12は、オルソ画像において、少なくとも2つのステレオ画像によりオーバーラップされていない非重複領域を抽出する機能を含む。また、判定部12は、オルソ画像において、測定対象領域でステレオ画像によりカバーされていない非撮影領域を抽出する機能を含む。さらに、判定部12は、オルソ画像において、少なくとも2つのステレオ画像によるオーバーラップ部分に含まれる基準点又は標定点が不足又は位置不良しているかどうかを判定する機能を備える。さらに、判定部12は、オルソ画像形成部11による標定処理の結果が収束しない場合に、基準点又は標定点の設定を変更する指示をオルソ画像形成部11及び/又は修正データ形成部13に出力する機能を備える。

【0016】修正データ形成部(修正データ形成機能)13は、判定部12が、オルソ画像において、非重複領域又は非撮影領域、又は、基準点若しくは標定点の不足若しくは位置不良を検出した場合、再撮影のためのデータを形成する。この再撮影のためのデータとしては、検出された不良を解消するために必要なデータであり、例えば、撮影位置に関するデータ、撮影範囲に関するデータ、基準点・標定点の選択に関するデータ、再配置すべき基準点・標定点の特定のためのデータ等がある。これらのデータは、オルソ画像形成部11にフィードバックされる。

【0017】上述のような各手段(機能)は、例えばポータブルコンピュータ(PC)により実現することができる。また各手段により、以下に詳細に説明するような画像計測処理方法が実現される。

【0018】図2に、本発明に係る画像計測処理方法のフローチャートを示す。以下に、この図に従って、画像計測処理について説明する。

【0019】まず、基準点又は標定点を設置し、測量機などによって計測したデータを設定する(ステップS110)。基準点は、地上座標系(絶対座標系)(X、Y、Z)で予め測量機等により正確に測定されたものである。標定点は、撮影画像上に均等に(離散的に)配置されていれば、その位置が計測されている必要はない。もちろん、位置が計測されている基準点と兼ねることもできる。なお、地上座標系(X、Y、Z)とは、モデルの実空間を定めた3次元の直交座標系である。

【0020】つぎに、各画像が十分オーバーラップし、且つ、基準点又は標定点が例えば少なくとも6点以上重

複するよう撮影する(ステップS120)。ここでは、一例として、各画像に基準点又は標定点が最低6点以上ということであるが、必要に応じて適宜の数をそれぞれ用いることができる。例えば、仮にバンドル調整等を使えば、基準点の計測は3点まで減らすことが可能である。また、基準点ではなく標定点であっても、標定できるターゲットが6箇所程度あればよい。あるいは、標定点が平面状に配置していると仮定できれば4点でもよい。

【0021】撮影後、ポータブルコンピュータ(PC)に、オルソ画像作成範囲及び/又は解像度等の画像処理に必要な各種設定値を設定する(ステップS130)。つぎに、PC上で各画像の基準点又は標定点を計測する(ステップS140)。ここで、オルソ画像形成機能により、標定計算及びオルソ画像作成がプログラムに従い自動的に行われる(ステップS150)。この具体的な処理については、詳細に後述する。オルソ画像形成機能による計算処理の後、ディスプレイ上に標定結果及びオルソ画像を画面表示する(ステップS160)。つぎに、ステップS160の結果より、測定された画像についての各チェック項目が確認される(ステップS170)。

【0022】ここで、表示機能には、オルソ画像により全体および各画像の配置が表示され、また、各種表示情報により標定結果の不十分なことが識別可能に表示されることにより、チェック項目が確認される。チェック項目としては、標定結果が不十分であれば(目的の精度に達していない、収束しない等)、基準点・標定点の選択又は配置が不適当ということが判定される。撮影忘れ等による非撮影領域が存在する場合のような全計測範囲の不良については、作成されたオルソ画像により確認される。画像の重複不良等による非重複領域が存在するような場合、オーバーラップ部分の可否が確認される。このようなオーバーラップ不良の場合、作成されたオルソ画像において、隣り合った画像でオーバーラップしてある部分のみ抽出し、表示することにより、オルソ画像上の各画像間の接合部に隙間が生じるので即座に判断できる。

【0023】測定者による表示画面の確認に加えて、制御機能(特に、判定機能)により自動的にチェック項目を確認することもできる。標定点の配置又は位置が不良のときのように、標定計算の計算結果が収束しない場合又は接続標定が正常に行われなかった場合は、ステップS160における標定結果でエラーを出力し、どこかの画像が不適当であるか等の不良が識別可能に表示される。例えば、制御機能は、標定結果として目的の精度に達していないこと又は収束しないことを、表示機能に識別子又はフラグ等で自動的に表示したり、適当な範囲をカラーやパターンにより識別可能に表示することもできる。また、非撮影領域や非重複領域が存在する場合等につい

ても、制御機能により画像処理技術を用いて自動的に適宜認識することができる。具体的には、例えば、画像の空白箇所を検出し、その面積・位置等を識別することにより、これら不良を判断することができる。

【0024】これらのチェック結果により修正が必要な場合、基準点・標定点の不足又は位置不良等により、再撮影の際にその配置を再度決定する必要があるか否かが判定される(ステップS172)。ここで、例えば非撮影領域や非重複領域が存在するときのように、例えば画像の撮影位置だけが不適切であるため基準点・標定点の再配置を要しない場合は、修正データ形成機能により再撮影のためのデータが形成され、このデータに従い再度の撮影が行われる(ステップS186)。その後、ステップS140から再び処理が行われる。

【0025】一方、例えば標定計算の計算結果が収束しない場合又は接続標定が正常に行われなかった場合のように、基準点・標定点の配置変更を行う必要がある場合は、それらの再配置を検討する(ステップS174)。画像上に別の基準点又は標定点があり且つ再撮影を行わなくてもそれらの画像座標が得られる場合は、すでに撮影された画像から基準点・標定点の選択を変更して(ステップS176)、ステップS150から上述のような計算を繰り返す。この処理を自動的に行うようにしても良い。一方、画像上に別の適当な基準点又は標定点がない場合は、基準点又は標定点の配置を移動したりすることで配置変更を行なう(ステップS184)。その後、修正データ形成機能により、再配置された基準点・標定点を含む画像を再撮影するためのデータが形成され、これに従い再撮影が行われる(ステップS186)。さらに、ステップS140から処理が実行される。

【0026】なお、ステップS186の再撮影処理及びステップS140における計測処理等は、各不良に対処するのに必要な基準点・標定点を含む画像だけについて実行するようにしても良いし、全体の撮影対象画像について実行するようにしても良い。また、チェック結果により再撮影が必要かどうかという判断、及び再撮影が必要な場合にどのステップまで戻るかという判断は、表示画面に基づき操作者がマニュアルで行っても良いし、また、PCにより自動的に判断されても良いし、マニュアルとPCとを適宜組み合わせ判断しても良い。以上のようにして、ステップS170のチェック結果により、修正が必要ないと判断された場合は、所望のオルソ画像が求められたと判断され、処理を終了する。

【0027】次に、図3に、標定計算及びオルソ画像作成処理のフローチャートを示す。これは、図2のフローチャートの主にステップS150に相当する処理であ

＊る。

【0028】まず、図2に示されたステップS140により得られた各画像の三次元座標に基づき、各モデル画像に写し込まれた基準点・標定点等の計測点(例えば6点以上の計測点)から標定計算を順次行う(ステップS201)。標定計算は、ステップS170のチェックにおいて用いるデータであり、詳細に後述する。計測点は、デジタルカメラ等の固体撮像素子(CCD)上に画像座標として求められたものである。そこで、この画像座標を、写真画像(x, y)に変換する(ステップS203)。写真座標系とは、主点を原点とする2次元座標系である。

【0029】つぎに、直接線形変換法(Direct Linier Transformation, DLT)法を利用して、基準点などから得られた地上座標(X, Y, Z)と画像上で計測されて得られた写真座標(x, y)との変換パラメータを計算する(ステップS205)。ここで、DLT法とは、極端に斜め撮影された画像であっても、正射投影画像に変換することのできる画像変換方法である。DLT法は、写真座標と被写体の3次元座標(対象点座標)との関係を3次の射影変換式で近似したものである。(DLT法の詳細については、「村井俊治：解析写真測量、pp46-51, pp149-155」等を参照。)

【0030】以下に、ステップS205のDLT法について説明する。これはオルソ画像上のピクセル位置を求めるための変換パラメータを算出する処理である。ここでは、主に、基準点・標定点の既知の座標及び計測された画像(写真)座標に基づいて処理が行われる。まず、次にDLT法の基本式を示す。

【0031】

【数1】

$$x = \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1}$$

$$y = \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1}$$

ここで、(x, y)：写真座標、

(X, Y, Z)：地上座標、

$L_1 \sim L_{11}$ ：DLT法の未知変量。

【0032】数式1に対し、分母を消去すると、次の線形式を導き出せる。

【0033】

【数2】

$$XL_1 + YL_2 + ZL_3 + L_4 - xXL_9 - xYL_{10} - xZL_{11} = x$$

$$XL_5 + YL_6 + ZL_7 + L_8 - yXL_9 - yYL_{10} - yZL_{11} = y$$

さらに、数式2を変形すると、以下の式となる。

【0034】

*【数3】

*

$$\begin{bmatrix} X & Y & Z & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -xX & -xY & -xZ \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X & Y & Z & 1 & -yX & -yY & -yZ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \\ L_4 \\ L_5 \\ L_6 \\ L_7 \\ L_8 \\ L_9 \\ L_{10} \\ L_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

【0035】このような数式3を、基準点・標定点のデータに基づき最小二乗法を用いて解くと、写真座標 (x, y) と地上座標 (X, Y, Z) との関係を決する $L_1 \sim L_{11}$ の11個の未知変量 (変換パラメータ) を取得することができる。

【0036】つぎに、オルソ画像上の各画素 (ピクセル) の地上座標を計算する (ステップS207)。この処理では、オルソ画像作成のために、オルソ画像の画像座標 (x, y) を地上座標 (X, Y, Z) に変換するものである。地上座標 (X, Y, Z) は、先にステップS205で求められた変換パラメータを用いて計算される。即ち、オルソ画像の画像座標 (x, y) に対応する地上座標 (X, Y, Z) は、以下の式で与えられる。このようにして、オルソ画像上の各ピクセルの取得位置を求めることができる。

【0037】

【数4】

$$X = X_0 + x\Delta X$$

$$Y = Y_0 + y\Delta Y$$

$$Z = -\frac{aX + bY + d}{c}$$

ここで、

(X_0, Y_0) : 地上座標系でのオルソ画像の左上の位置、

($\Delta X, \Delta Y$) : 地上座標系での1画素の大きさ (例: m/pixel)、

(x, y) : オルソ画像の画像座標、

(X, Y, Z) : 地上画像、

a, b, c, d : ある画像座標 (x, y) を内挿する複数の基準点により形成される平面方程式の係数。この係数は、例えば、三角形内挿処理 (Triangulated Irregular Network, TIN) の平面の方程式の係数である。TIN

Nは、3次元座標を内挿する方法として三角形を構成単位とするメッシュを生成するもので、三角網とも呼ばれる。TINについての詳細は、「伊理正夫、腰塚武志：計算幾何学と地理情報処理、pp127」、Franz Aurenhammer、杉原厚吉訳：Voronoi図、一つの基本的な幾何データ構造に関する概論、ACM Computing Surveys, Vol.23, pp345-405」等を参照。）

【0038】今度は、ステップS205で求めた変換パラメータを使用して、数式1により、ステップS207で求められた地上座標 (X, Y, Z) に対応する画像座標 (x, y) を計算する (ステップS209)。このように求められた画像座標 (x, y) から、該当する画像の地上座標 (X, Y, Z) 上の濃度値を取得する。この濃度値が、オルソ画像上における2次元の位置 (X, Y) のピクセルの濃度である。このように、地上座標上の位置 (X, Y) に貼り付ける画像濃度を取得する。以上のような処理を、オルソ画像のすべてのピクセルに対して行うことにより、画像合成が行なわれる。

【0039】これらの処理をコンピュータ上で自動的に計算処理することにより、標定計算及びオルソ画像作成が行われ、つぎに、ステップS160に示されるように、標定結果及びオルソ画像表示がなされる。尚、これらの処理は、ポータブルコンピュータ上ではわずかな時間で (例えば、数分もかからずに) 終了する。

【0040】次に、ステップS201に示された、各モデルの標定計算の詳細について説明する。まず、一例として、相互標定について説明する。相互標定は、2つのカメラの傾きと位置とを撮影時の状態に相対的に等しくする処理である。ステレオ画像においては、以下のような計算により、左右それぞれのカメラの位置等が求められる。

【0041】図4に、カメラ座標及びモデル座標の説明図を示す。カメラ座標系では、レンズ中心 (投影中心、

主点)を原点とし、x軸及びy軸は、写真画像のx軸及びy軸と平行とする。画面距離をc(c>0)とすると、写真平面上の点は(x, y, -c)で表される。また、モデル座標系(X, Y, Z)では、2枚1組の立体写真から形成される立体像を定義するための3次元座標系であり、原点は左写真の投影中心をとる。まず、次式のような共面条件式によりそれらパラメータを求める。

【0042】

【数5】

$$\begin{vmatrix} X_{01} & Y_{01} & Z_{01} & 1 \\ X_{02} & Y_{02} & Z_{02} & 1 \\ X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & Z_2 & 1 \end{vmatrix} = 0$$

ここで、

X_{01} 、 Y_{01} 、 Z_{01} : モデル座標系で表した左画像*20

$$F(\kappa_1, \phi_1, \kappa_2, \phi_2, \omega_2) = \begin{vmatrix} Y_1 & Z_1 \\ Y_2 & Z_2 \end{vmatrix} = Y_1 Z_2 - Y_2 Z_1 = 0$$

ここで、モデル座標系(X, Y, Z)とカメラ座標系(x, y, z)の間には、次に示すような座標変換の関係式が成り立つ。

※【0045】

【数7】

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi_1 & 0 & \sin \phi_1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi_1 & 0 & \cos \phi_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa_1 & -\sin \kappa_1 & 0 \\ \sin \kappa_1 & \cos \kappa_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ -c \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega_2 & -\sin \omega_2 \\ 0 & \sin \omega_2 & \cos \omega_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi_2 & 0 & \sin \phi_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi_2 & 0 & \cos \phi_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa_2 & -\sin \kappa_2 & 0 \\ \sin \kappa_2 & \cos \kappa_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -c \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

【0046】これらの式を用いて、次の手順により、未知パラメータを求める。

1. 初期近似値は通常0とする。
2. 共面条件式(数式4)を近似値のまわりにテラー展開し、線形化したときの微分係数の値を数式7により求め、観測方程式をたてる。
3. 最小二乗法をあてはめ、近似値に対する補正量を求める。
4. 近似値を補正する。
5. 補正された近似値を用いて、2.~5.までの操作を収束するまで繰り返す。

【0047】仮に、標定点の配置が不適当なとき

*の投影中心座標、

X_{01} 、 Y_{01} 、 Z_{01} : モデル座標系で表した右画像の投影中心座標、

X_1 、 Y_1 、 Z_1 : モデル座標系で表した左画像の像座標、

X_2 、 Y_2 、 Z_2 : モデル座標系で表した右画像の像座標である。

【0043】いま、図示のように、モデル座標系の原点を左側の投影中心にとり、右側の投影中心を結ぶ線をX軸にとるようにする。また、縮尺は、基線長を単位長さにとる。このとき求めるパラメータは、左側カメラのZ軸の回転角 κ_1 及びY軸の回転角 ϕ_1 、また、右側カメラのZ軸の回転角 κ_2 及びY軸の回転角 ϕ_2 及びX軸の回転角 ω_2 、の5つの回転角となる。この場合左側カメラのX軸の回転角 ω_1 は0なので、考慮する必要ない。このような条件にすると、数式5の共面条件式は、次式のようになり、この式を解けば各パラメータが求まる。

【0044】

【数6】

$$F(\kappa_1, \phi_1, \kappa_2, \phi_2, \omega_2) = \begin{vmatrix} Y_1 & Z_1 \\ Y_2 & Z_2 \end{vmatrix} = Y_1 Z_2 - Y_2 Z_1 = 0$$

※【0045】

【数7】

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi_1 & 0 & \sin \phi_1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi_1 & 0 & \cos \phi_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa_1 & -\sin \kappa_1 & 0 \\ \sin \kappa_1 & \cos \kappa_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ -c \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega_2 & -\sin \omega_2 \\ 0 & \sin \omega_2 & \cos \omega_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi_2 & 0 & \sin \phi_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi_2 & 0 & \cos \phi_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa_2 & -\sin \kappa_2 & 0 \\ \sin \kappa_2 & \cos \kappa_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -c \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

に、収束しない場合がありうる。その際に、図2のステップS160の標定結果表示において、どこの画像が不適当かが識別され、表示される。ここで、未知パラメータの計算が収束した場合、更に、例えば接続標定を行なう。接続標定は、単写真標定がなされた各モデル間の傾きや縮尺等を統一して複数の画像を接続することにより、同一座標系とする処理である。接続標定では、一対の実体写真において一方の標定要素は固定し他方の標定要素だけを操作して接続する処理が実行される。この処理を行なった場合、以下の式であらわされる接続較差を算出する。

【0048】

【数 8】

$$\begin{aligned}\Delta X_j &= (X_{jr} - X_{jl}) / (Z_0 - Z_{jl}) \\ \Delta Y_j &= (Y_{jr} - Y_{jl}) / (Z_0 - Z_{jl}) \\ \Delta Z_j &= (Z_{jr} - Z_{jl}) / (Z_0 - Z_{jl}) \\ \Delta D_j &= \sqrt{(\Delta X_j^2 + \Delta Y_j^2)}\end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned}(\Delta X_{jl}, \Delta Y_{jl}, \Delta Z_{jl}) \\ (\Delta X_{jr}, \Delta Y_{jr}, \Delta Z_{jr})\end{aligned}$$

: コース座標系の第 j 番目の左モデル
: コース座標系の第 j 番目の右モデル

【0049】算出した結果、 ΔZ_j 及び ΔD_j が、所定値（例えば 0.0005（1/2000））以下なら接続標定が正常に行われたと判定される。計算結果が収束しない場合又は接続標定が正常に行われなかった場合は、図 2 のステップ S160 における標定結果表示でエラーを出力し、どこかの画像が悪いかな等の不良を識別可能に表示する。

【0050】以上のような本発明の画像計測処理方法を実行する画像計測処理プログラムは、CD-ROM、フロッピーディスク等の記録媒体により提供されることができる。

【0051】

【発明の効果】本発明は、以上のように、撮影現場において簡易オルソ画像を作成し、チェック・修正を行うことによって、計測範囲の確認、図化範囲の確認、基準点配置の確認及び標定確認等を撮影直後にその現場にて行えるという顕著な効果を奏する。本発明によると、主にデジタルカメラなどのデジタル画像入力手段とパーソナルコンピュータを利用してデジタル写真測量を行うことにより、いつでも失敗のない確実に信頼性の高い解析及び計測を行うための画像を取得し、高精度・高解像度の計測・解析・図化を行うことができる。

【0052】本発明によると、詳細なオルソ画像を作成する前の簡易オルソ画像（正射画像）を現場で作成する＊

10＊ ことにより、その撮影現場において、撮影結果の確認を行い、必要に応じて再撮影等の修正を行うことができる。また、本発明によると、詳細なオルソ画像を作成する前の簡易オルソ画像を確認することになるので、この後のより正確な詳細解析及び詳細オルソ画像の作成を可能とする。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る画像計測処理装置の構成図。

【図 2】本発明に係る画像計測処理方法のフローチャート。

20 【図 3】自動標定計算及びオルソ画像処理のフローチャート。

【図 4】カメラ座標及びモデル座標の説明図。

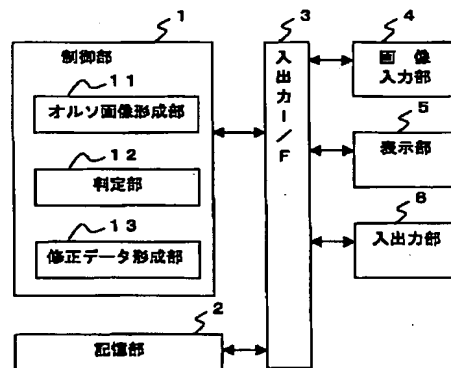
【図 5】従来の画像計測撮影の説明図。

【符号の説明】

- | | |
|----|---------------|
| 1 | 制御部 |
| 11 | オルソ画像形成部 |
| 12 | 判定部 |
| 13 | 修正データ形成部 |
| 2 | 記憶部 |
| 30 | 3 入出力インターフェース |
| 4 | 画像入力部 |
| 5 | 表示部 |
| 6 | 入出力部 |

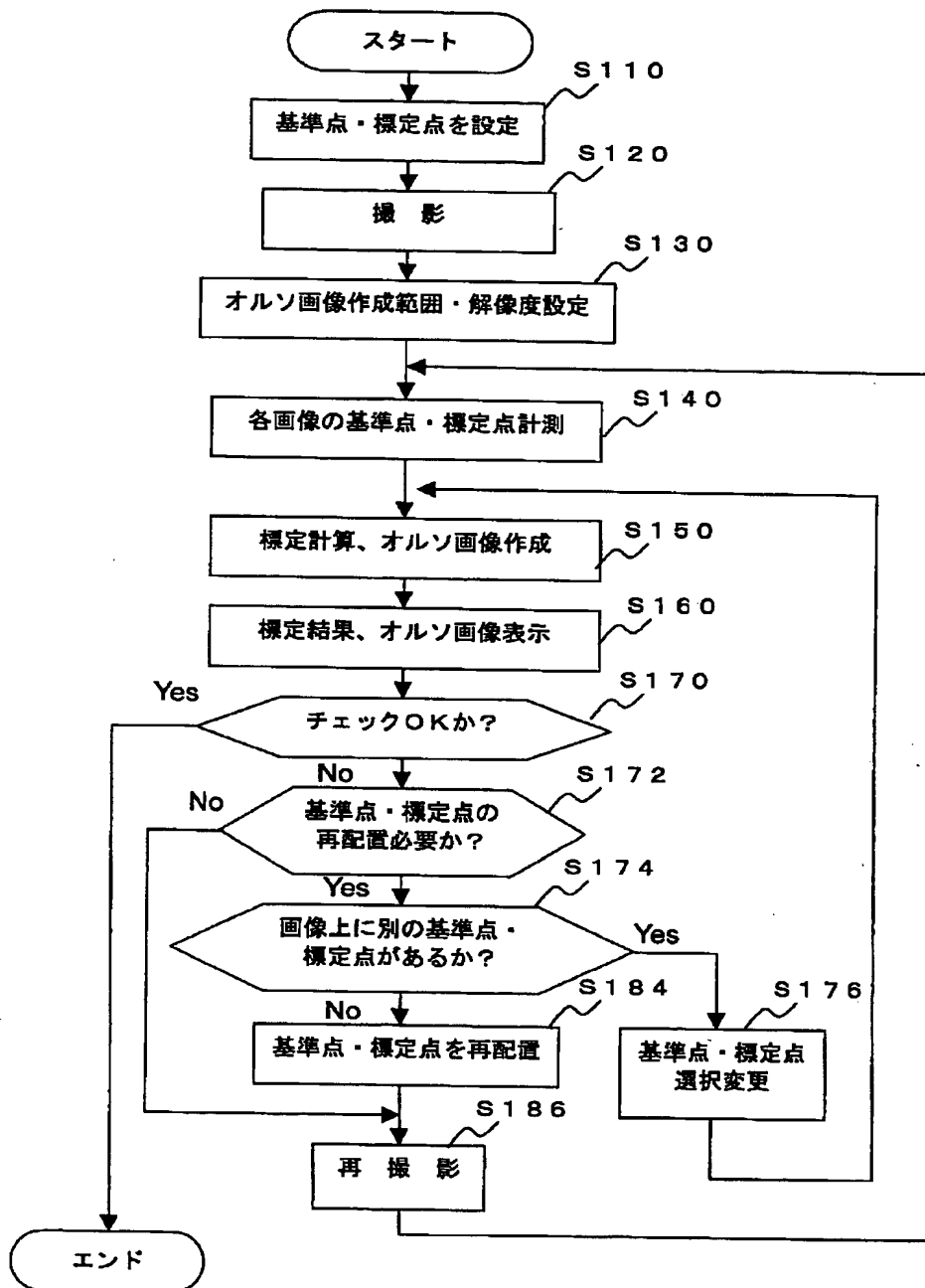
【図 1】

画像処理装置の構成図



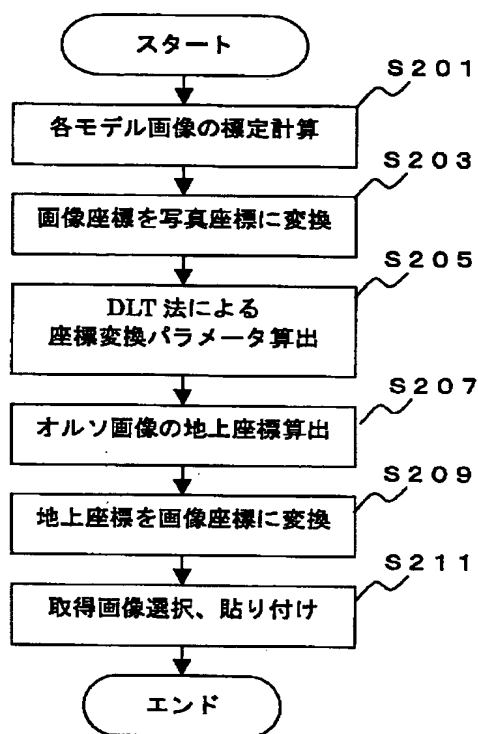
【図2】

画像処理方法のフローチャート



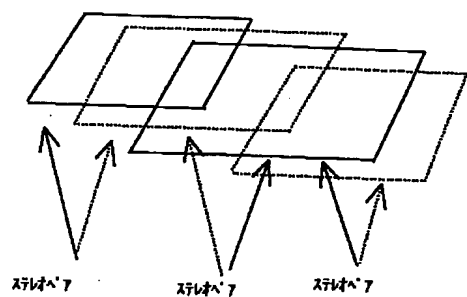
【図3】

標定計算・オルソ画像作成処理のフローチャート



【図5】

ステレオ画面撮影の説明図



【図4】

カメラ座標及びモデル座標の説明図

